

\* NOTICES \*

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The hydrogen storage container characterized by to pipe the contact condition which equipped the interior of a proof-pressure container with the hydrogen storing metal alloy powder which carries out absorption/emission of the hydrogen with \*\*\*\*\*, thermal tubing for performing clearance and supply of heat to this hydrogen storing metal alloy powder, and the hydrogen gas filter of the shape of tubing which penetrates hydrogen gas while forming the negotiation way of hydrogen gas into said hydrogen storing metal alloy powder, and met it in said hydrogen gas filter at thermal tubing.

[Claim 2] The hydrogen storage container characterized by having had the hydrogen storing metal alloy powder which carries out absorption/emission of the hydrogen with \*\*\*\*\*, thermal tubing for performing clearance and supply of heat to this hydrogen storing metal alloy powder, and the hydrogen gas filter of the shape of tubing which penetrates hydrogen gas while forming the negotiation way of hydrogen gas into said hydrogen storing metal alloy powder, having twisted said hydrogen gas filter around thermal tubing spirally, and piping the interior of a proof-pressure container.

[Claim 3] The hydrogen storage container characterized by to have had the hydrogen storing metal alloy powder which carries out absorption/emission of the hydrogen with \*\*\*\*\*, thermal tubing for performing clearance and supply of heat to this hydrogen storing metal alloy powder, and the hydrogen gas filter of the shape of tubing which penetrates hydrogen gas while forming the negotiation way of hydrogen gas into said hydrogen storing metal alloy powder, to have twisted said hydrogen gas filter and thermal tubing mutually spirally, and to pipe the interior of a proof-pressure container.

[Claim 4] The hydrogen storage container according to claim 1 to 3 characterized by constituting said thermal tubing and hydrogen gas filter from a raw material with big thermal conductivity, such as stainless steel, copper, aluminum, nickel, and brass.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] The invention in this application is applied to the system which

stores especially the hydrogen of a large quantity with respect to the hydrogen storage container having the hydrogen storing metal alloy powder which carries out absorption/emission of the hydrogen with \*\*\*\*\*, and relates to a suitable hydrogen storage container.

[0002]

[Description of the Prior Art] The hydrogen storage container having hydrogen storing metal alloy powder needs to cool a layer in the end of an alloy powder in order to perform absorption/emission of hydrogen (at the time of absorption), or it needs to heat it (at the time of bleedoff). Namely, the heat generated in case occlusion of the hydrogen is carried out to hydrogen storing metal alloy powder, and the end of an alloy powder and hydrogen react is removed, and in case hydrogen is emitted to reverse, it is necessary to supply heat in the end of an alloy powder. The heat exchanger which consists of what is equivalent to thermal tubing or this for clearance of this heat and supply is needed.

[0003] However, various devices have been made to a layer in a heat exchanger or the end of an alloy powder in order for hydrogen storing metal alloy powder to enlarge a hydrogen absorption/emission rate conventionally as everyone knows, since effective thermal conductivity is small (about 1W/(mk)) (JP,57-156301,A, JP,64-7319,B, etc.).

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Generally a fin is used for a heat exchanger, and also when it is a hydrogen storage container, although it is equivalent to thermal tubing or this, it is enlarging heat transfer area, and a fin is used in order to enlarge the heating value removed from supply or the end of an alloy powder in the end of an alloy powder. Therefore, in order that the thing and fin equivalent to thermal tubing or this may touch and may enlarge the degree of adhesion to thermal tubing further, generally the technique of expansion and welding of thermal tubing is adopted. Becoming a serious failure in the production process of a large-sized container in any case is fully considered.

[0005] For example, although what was shown in JP,57-156301,A builds the spiral fin in the heat exchange side inside, using the wall surface of a pressurized container as it is (that is, the wall surface of a pressurized container is equivalent to thermal tubing), in order for the direction which carries out welding immobilization of the spiral fin at a pressurized-container internal surface to be an improvement of heat conduction, it supposes that it is desirable. Therefore, with the conventional technique aiming at improvement in heat conduction, while having a fin separately, in order to improve heat conduction, expansion, welding, etc. which raise the adhesion of the thing and fin equivalent to thermal tubing or this are needed, and it is accompanied by difficulty in the case of enlargement.

[0006] Moreover, although there were some which were indicated by JP,64-7319,B as a container which aimed at improvement in heat transfer by hydrogen gas using the right thermal conductivity of hydrogen gas, the pump made to circulate through hydrogen gas was required of this structure separately, and enlargement was difficult too.

[0007] Then, while it is made in order that the invention in this application may solve such a trouble, and fully utilizing amplification of the heat transfer area by operating a hydrogen gas filter as a fin of thermal tubing, and the heat transfer function by hydrogen gas and being able to enlarge a hydrogen absorption/emission rate, enlargement becomes

easy with simple structure, and it aims at offering the hydrogen storage container suitable for the system which stores the hydrogen of a large quantity.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above objects, the invention in this application The hydrogen storing metal alloy powder which carries out absorption/emission of the hydrogen to the interior of a proof-pressure container with \*\*\*\*\*, Thermal tubing for performing clearance and supply of heat to this hydrogen storing metal alloy powder, While forming the negotiation way of hydrogen gas into said hydrogen storing metal alloy powder, it has the hydrogen gas filter of the shape of tubing which penetrates hydrogen gas, and it is characterized by piping the contact condition which met thermal tubing in said hydrogen gas filter.

[0009] Moreover, it is characterized by having had the hydrogen storing metal alloy powder which carries out absorption/emission of the hydrogen with \*\*\*\*\*, thermal tubing for performing clearance and supply of heat to this hydrogen storing metal alloy powder, and the hydrogen gas filter of the shape of tubing which penetrates hydrogen gas while forming the negotiation way of hydrogen gas into said hydrogen storing metal alloy powder, having twisted said hydrogen gas filter around thermal tubing spirally, and piping the interior of a proof-pressure container.

[0010] Furthermore, it is characterized by having had the hydrogen storing metal alloy powder which carries out absorption/emission of the hydrogen with \*\*\*\*\*, thermal tubing for performing clearance and supply of heat to this hydrogen storing metal alloy powder, and the hydrogen gas filter of the shape of tubing which penetrates hydrogen gas while forming the negotiation way of hydrogen gas into said hydrogen storing metal alloy powder, having twisted said hydrogen gas filter and thermal tubing mutually spirally, and piping the interior of a proof-pressure container.

[0011] Moreover, it is characterized by constituting said thermal tubing and hydrogen gas filter from a raw material with big thermal conductivity, such as stainless steel, copper, aluminum, nickel, and brass.

[0012]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of the invention in this application is explained to a detail with reference to a drawing.

[0013] It is drawing in which drawing and drawing 2 which show the example of a system configuration for which drawing 1 used the hydrogen storage container of this operation gestalt show the A-A sectional view of drawing 1 , and drawing 3 shows the piping condition of thermal tubing and a hydrogen gas filter.

[0014] In this operation gestalt, the hydrogen storage container 10 which inserted 244 heat carrier tubing 2 made from SUS with an outer diameter of 1cm in the cylinder proof-pressure container 1 with the outer diameter of 1m, a die length [ of 2m ], and a thickness of 1cm made from stainless steel (SUS) was produced.

[0015] It has twisted around each thermal tubing 2 spirally so that an include angle with the thermal tubing 2 may become 45 degrees about the hydrogen gas filter 3 which consists of a sintering filter made from copper (Cu) with a diameter of 3mm (2 micrometers of apertures). Since the hydrogen gas filter 3 is easily formed with the deformable metal sintered filter, it can be based neither on expansion nor welding, but its \*\* can also

increase adhesion with the thermal tubing 2. Thus, each thermal tubing 2 with which the hydrogen gas filter 3 was twisted spirally is piped at intervals of 5cm, as shown in the sectional view of drawing 2. It was filled up with 5300kg of hydrogen storing metal alloy powder 4 which has the presentation of misch metal nickel aluminum  $\text{MmNi}_{4.5}\text{aluminum}_{0.5}$  in this container 1.

[0016] The both ends of each thermal tubing 2 which was sealed by Flanges 1a and 1b, and was built in each flanges 1a and 1b are taken out, it is unified, respectively, and the ends side of the above-mentioned cylinder proof-pressure container 1 is connected to the gate of the thermal circulation section 5 which supplies coldness and warmth water. Moreover, it is taken out as tubing which does not penetrate hydrogen gas, and is unified, and the open end section of the hydrogen gas filter 3 which was spirally twisted around each thermal tubing 2, and was built in one flange 1b is connected to the hydrogen bomb 6.

[0017] the hydrogen storage container which inserted heat carrier tubing made from SUS of the number same as an example of a comparison as the proof-pressure container of the same magnitude here -- the same -- the sintering filter made from Cu with a diameter of 3mm (2 micrometers of apertures) -- what inserted 244 hydrogen gas filters [ from ] was prepared. In addition, the hydrogen gas filter piped the location in contact with neither of the thermal tubing.

[0018] Now, initial activity-ization of the hydrogen storing metal alloy powder 4 was performed by making the thermal tubing 2 circulate through 10-degree C cooling water, having performed evacuation of the container 1 interior for 24 hours using the rotary pump, circulating 80-degree C warm water in the thermal tubing 2, and introducing 9.9kg/cm<sup>2</sup> hydrogen gas in a container 1 then. 48 hours after any container 1 pressurized hydrogen gas, occlusion of the 705Nm of the hydrogen of 3 was carried out. In the phase which activation ended, after making 588Nm of hydrogen gas emit three times from a container 1, the hydrogen absorption test was performed.

[0019] The hydrogen absorption test was performed by making the thermal tubing 2 circulate through 25-degree C cooling water by the flow rate of 300 l/min, and making a container 1 absorb hydrogen gas with the constant flow of 980 NI/min. Moreover, the phase where the hydrogen pressure force in a container 1 became 9.9kg/cm<sup>2</sup> considered any container 1 as the time of experiment termination. In addition, before starting a hydrogen absorption test, 25-degree C cooling water is circulated in a container 1 for 24 hours, and it was made for the temperature distribution of 4 to become uniform the alloy-powder end in a container 1 in any container 1.

[0020] Time amount change of the hydrogen pressure force in a container 1 is shown in drawing 4. From this drawing, although the value with any almost same hydrogen pressure force of a container 1 was shown from experiment initiation till time for 4 hours, the hydrogen pressure force of the container 1 of the example of a comparison began to go up around from 4 hours, and the hydrogen pressure force amounted to 9.9kg/cm<sup>2</sup> for about 6 hours after experiment initiation. On the other hand, the container 1 of this operation gestalt absorbed hydrogen from experiment initiation for about 7.5 hours. An operation gestalt is [ 435Nm of 365Nm of 3 and the examples of a comparison ] 3, and, as for the hydrogen absorbed amount of each container 1, the hydrogen absorbed amount with the operation gestalt bigger about 20% was obtained.

[0021] Since heat of reaction is consumed by lifting of temperature from experiment initiation till 4 hours in the end of an alloy powder, the difference in a property with any big container 1 is not seen, but after it, since the direction of the container 1 of this operation gestalt has large hydrogen rate of absorption, it is smaller than the example of a comparison, and this difference turns into a difference of a final hydrogen quantity to be stored, and lifting of the hydrogen pressure force appears.

[0022] By the way, in this experiment, hydrogen gas is supplied to the container 1 by the fixed flow rate. That is, 4 is made to absorb hydrogen with a fixed reaction rate compulsorily in the end of an alloy powder. For this reason, in the end layer of an alloy powder, heat of reaction will have generated the operation gestalt and the example of a comparison at a fixed rate. Compared with an operation gestalt, since [ with a layer ] the amount of heat exchange is small, the container of the example of a comparison cannot remove heat of reaction in the end of an alloy powder, and the temperature of a layer rises in the end of an alloy powder. Therefore, it becomes large [ lifting of the hydrogen pressure force ] an operation gestalt [ the example of a comparison ], and time amount until it reaches 9.9kg/cm<sup>2</sup> which is the pressure which hydrogen supply stops becomes short compared with an operation gestalt. Therefore, there are few total hydrogen quantities to be stored.

[0023] If the hydrogen absorbed amount per unit time amount compares, 435Nm<sup>3</sup>/7.5hr=58Nm<sup>3</sup>/hr, and the example of a comparison will serve as [ an operation gestalt ] 365Nm<sup>3</sup>/6hr\*\*60Nm<sup>3</sup>/hr, and a difference will seldom be seen, because it is carrying out on the conditions of the above-mentioned experiment making the hydrogen gas of constant flow absorb. With the operation gestalt, since the hydrogen gas filter 3 is carrying out the duty of a fin, the heating value removed compared with the example of a comparison is large. The difference is clear if the engine performance as a container is compared with a total hydrogen absorbed amount.

[0024] Therefore, the hydrogen storage container 10 of this operation gestalt has the heat exchange capacity which needs a hydrogen absorption/emission rate for the hydrogen absorption/emission system (system by which the time amount which absorption and bleedoff of hydrogen take requires 6 hours or more) which is 0.03NL/(min·kg), and structure is simple and will become useful as a hydrogen storage container with easy enlargement.

[0025] As mentioned above, the heat transfer rate between layers is raised in the end of the thermal tubing 2 and an alloy powder with the hydrogen gas which penetrates the hydrogen gas filter 3 at the same time it is twisting the hydrogen gas filter 3 around the heat carrier tubing 2 which is a straight pipe mold heat exchanger with heat exchange capacity small small [ heat transfer area ] although the structure of this hydrogen storage container 10 is simple spirally, and making it contact, the hydrogen gas filter 3 functions as a fin of the thermal tubing 2 and it enlarges heat transfer area. For this reason, heat exchange capacity of a container 10 can be enlarged and a hydrogen absorption/emission rate can be enlarged. Furthermore, since actuation of expansion, welding, etc. is unnecessary, enlargement is easy, and it is suitable for the system which stores the hydrogen of a large quantity.

[0026] In addition, although the hydrogen gas filter 3 was spirally twisted around the

thermal tubing 2 and being piped with the above-mentioned operation gestalt, as shown in drawing 5 , by twisting spirally the hydrogen gas filter 3 and the thermal tubing 2 mutually, and piping, the degree of adhesion of the thermal tubing 2 and the hydrogen gas filter 3 becomes still larger, and the heat transfer engine performance improves further.

[0027] Moreover, with the above-mentioned operation gestalt, although the thermal tubing 2 was constituted from stainless steel (SUS) and the hydrogen gas filter 3 was constituted from copper (Cu), if a raw material with large thermal conductivity, such as aluminum (aluminum), nickel (nickel), and brass, constitutes besides stainless steel (SUS) or copper (Cu), the same effectiveness as the above will be acquired.

[0028]

[Effect of the Invention] Since the interior of the proof-pressure container having hydrogen storing metal alloy powder was piped in the hydrogen gas filter at the contact condition which met thermal tubing and amplification of the heat transfer area by a hydrogen gas filter functioning as a fin of thermal tubing and the heat transfer function by hydrogen gas are fully utilized according to the invention in this application as mentioned above, a hydrogen absorption/emission rate can be enlarged. Moreover, since it is simple structure, enlargement becomes easy. Therefore, the hydrogen storage container suitable for the system which stores the hydrogen of a large quantity is obtained.

[0029] Moreover, since said hydrogen gas filter was spirally twisted around thermal tubing and it piped, the degree of adhesion of thermal tubing and a hydrogen gas filter can be increased, and the heat transfer engine performance improves.

[0030] Furthermore, by twisting said hydrogen gas filter and thermal tubing mutually spirally, and piping, the degree of adhesion of thermal tubing and a hydrogen gas filter becomes larger, and the heat transfer engine performance improves further.

[0031] Moreover, effectiveness mentioned above can be made into a clearer thing by constituting said thermal tubing and hydrogen gas filter from a raw material with big thermal conductivity, such as stainless steel, copper, aluminum, nickel, and brass.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing showing the example of a system configuration using the hydrogen storage container by the operation gestalt of the invention in this application.

[Drawing 2] The A-A sectional view of above-mentioned drawing 1 .

[Drawing 3] Drawing showing the piping condition of thermal tubing of the above-mentioned operation gestalt, and a hydrogen gas filter.

[Drawing 4] Drawing which graph-ized the operation result of the above-mentioned operation gestalt and the example of a comparison.

[Drawing 5] Drawing showing other operation gestalten of the piping condition of thermal tubing and a hydrogen gas filter.

[Description of Notations]

1 Proof-Pressure Container

1a, 1b Flange

2 Thermal Tubing

Japanese Publication number : **2000-055300 A**

**3 Hydrogen Gas Filter**

**4 Hydrogen Storing Metal Alloy Powder**

**5 Thermal Circulation Section**

**6 Hydrogen Bomb**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-55300

(P2000-55300A)

(43) 公開日 平成12年2月22日 (2000. 2. 22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

キーワード (参考)

F 1 7 C 11/00

F 1 7 C 11/00

C 3 E 0 7 2

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-225643

(22) 出願日 平成10年8月10日 (1998. 8. 10)

(71) 出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(74) 上記1名の復代理人 100083231

弁理士 紋田 誠 (外1名)

(71) 出願人 591178012

財団法人地球環境産業技術研究機構

京都府相楽郡木津町木津川台9丁目2番地

(74) 上記1名の代理人 100083231

弁理士 紋田 誠

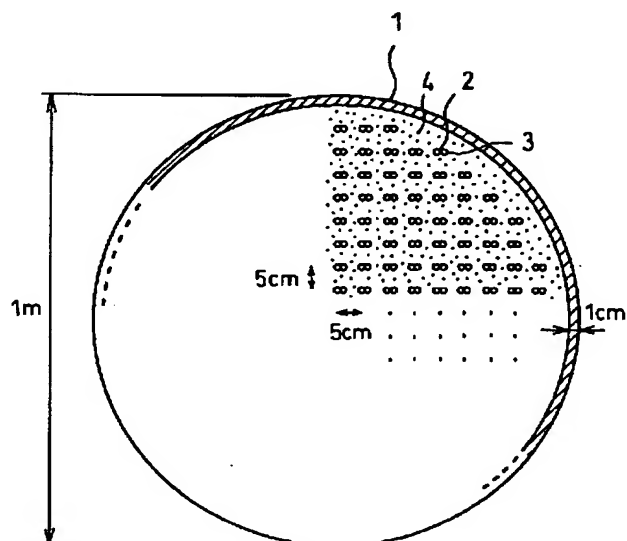
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水素貯蔵容器

(57) 【要約】

【課題】 水素ガスフィルターを熱媒管のフィンとして機能させることによる伝熱面積の拡大と、水素ガスによる熱伝達機能を十分に活用して、水素吸放出速度を大きくできると共に簡素な構造で大型化が容易となって、大量の水素を貯蔵するシステムに適した水素貯蔵容器を提供する。

【解決手段】 耐圧容器1の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末4と、この水素吸蔵合金粉末4に対して熱の除去や供給を行うため耐圧容器1内全体に一定間隔で複数本配管される直管型の熱媒管2と、各熱媒管2に沿って配管され水素吸蔵合金粉末4中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルター3とを備え、前記各水素ガスフィルター3を各熱媒管2に螺旋状に巻き付けて配管した。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 耐圧容器の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うための熱媒管と、前記水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記水素ガスフィルターを熱媒管に沿った接触状態に配管したことを特徴とする水素貯蔵容器。

【請求項2】 耐圧容器の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うための熱媒管と、前記水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記水素ガスフィルターを熱媒管に螺旋状に巻き付けて配管したことを特徴とする水素貯蔵容器。

【請求項3】 耐圧容器の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うための熱媒管と、前記水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記水素ガスフィルターと熱媒管を相互に螺旋状に巻き付けて配管したことを特徴とする水素貯蔵容器。

【請求項4】 前記熱媒管と水素ガスフィルターをステンレス鋼、銅、アルミニウム、ニッケル、真鍮などの熱伝導率の大きな素材で構成したことを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の水素貯蔵容器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本願発明は、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末を内蔵した水素貯蔵容器に係わり、特に大量の水素を貯蔵するシステムに適用して好適な水素貯蔵容器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 水素吸蔵合金粉末を内蔵した水素貯蔵容器は、水素の吸放出を行うため合金粉末層を冷却（吸収時）したり、加熱（放出時）する必要がある。すなわち、水素吸蔵合金粉末に水素を吸蔵する際には、合金粉末と水素が反応する際に発生する熱を取り除き、逆に水素を放出する際には合金粉末に熱を供給する必要がある。この熱の除去と供給のために、熱媒管もしくはこれに相当するものからなる熱交換器が必要となる。

【0003】 しかし、水素吸蔵合金粉末は周知のように有効熱伝導率が小さいため（約1W/(m・K)）、従来より水素吸放出速度を大きくする目的で熱交換器や合金粉末層に対して様々な工夫がなされてきた（特開昭57-156301号公報、特公昭64-7319号公報等）。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 一般的に熱交換器にはフィンが用いられ、水素貯蔵容器の場合にもフィンは熱媒管もしくはこれに相当するものの伝熱面積を大きくすることで、合金粉末に供給、もしくは合金粉末から除去する熱量を大きくするために用いられる。従って、熱媒管もしくはこれに相当するものとフィンとは接触している必要があり、さらに熱媒管への密着度を大きくするために、一般的に熱媒管の拡張や溶接といった手法が採用されている。いずれの場合も大型容器の製造工程においては大きな障害となることが十分に考えられる。

【0005】 例えば、特開昭57-156301号公報に示されたものは、圧力容器の壁面をそのまま熱交換面に利用して（すなわち圧力容器の壁面が熱媒管に相当）、内部に螺旋状フィンを内蔵しているが、圧力容器内壁面に螺旋状フィンを溶接固定する方が熱伝導の改善のためには好ましいとしている。従って、熱伝導の向上を目的とした従来技術では、別途フィンを備えと共に、熱伝導を向上するために熱媒管もしくはこれに相当するものとフィンとの密着性を向上させる拡張や溶接などが必要となり、大型化の際に困難を伴う。

【0006】 また、水素ガスの良熱伝導性を利用して水素ガスによる熱伝達の向上を図った容器としては、特公昭64-7319号公報に開示されたものがあるが、この構造では水素ガスを循環させるポンプが別途必要であり、やはり大型化が困難であった。

【0007】 そこで、本願発明はこのような問題点を解決するためになされたものであり、水素ガスフィルターを熱媒管のフィンとして機能させることによる伝熱面積の拡大と、水素ガスによる熱伝達機能を十分に活用して、水素吸放出速度を大きくできると共に簡素な構造で大型化が容易となつて、大量の水素を貯蔵するシステムに適した水素貯蔵容器を提供することを目的とするものである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 上記のような目的を達成するため、本願発明は、耐圧容器の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うための熱媒管と、前記水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記水素ガスフィルターを熱媒管に沿った接触状態に配管したことを特徴とするものである。

【0009】 また、耐圧容器の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うための熱媒管と、前記水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記水素ガスフィルターを熱媒管に螺旋状に巻き付けて配管したことを特徴とするものである。

【0010】さらに、耐圧容器の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うための熱媒管と、前記水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記水素ガスフィルターと熱媒管を相互に螺旋状に巻き付けて配管したことを特徴とするものである。

【0011】また、前記熱媒管と水素ガスフィルターをステンレス鋼、銅、アルミニウム、ニッケル、真鍮などの熱伝導率の大きな素材で構成したことを特徴とするものである。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施形態を図面を参照して詳細に説明する。

【0013】図1は、本実施形態の水素貯蔵容器を用いたシステム構成例を示す図、図2は図1のA-A断面図、図3は熱媒管と水素ガスフィルターの配管状態を示す図である。

【0014】本実施形態においては、外径1m、長さ2m、肉厚1cmのステンレス鋼（SUS）製の円筒耐圧容器1に、外径1cmのSUS製熱媒管2を244本挿入した水素貯蔵容器10を作製した。

【0015】各熱媒管2には、直径3mmの銅（Cu）製焼結フィルター（孔径 $2\mu\text{m}$ ）からなる水素ガスフィルター3を熱媒管2との角度が $45^\circ$ となるように螺旋状に巻き付けてある。水素ガスフィルター3は、容易に変形可能な金属製の焼結フィルターで形成されているので、拡張や溶接によらずとも熱媒管2との密着性を増すことができる。このように水素ガスフィルター3が螺旋状に巻き付けられた各熱媒管2は、図2の断面図に示すように、5cm間隔で配管されている。本容器1に、ミッシュメタル・ニッケル・アルミニウムMmNi<sub>4.5</sub>Al<sub>0.5</sub>の組成を持つ水素吸蔵合金粉末4を5300kg充填した。

【0016】上記円筒耐圧容器1の両端側はフランジ1a、1bで密閉されるようになっており、各フランジ1a、1bには、内蔵された各熱媒管2の両端部が取り出されてそれぞれ一本化され、冷温水を供給する熱媒循環部5の出入口に接続されるようになっている。また、一方のフランジ1bには、各熱媒管2に螺旋状に巻き付けられて内蔵された水素ガスフィルター3の開放端部が水素ガスを透過しない管として取り出されて一本化され、水素ポンベ6に接続されるようになっている。

【0017】ここで、比較例として、同じ大きさの耐圧容器に同じ本数のSUS製熱媒管を挿入した水素貯蔵容器に、同じく直径3mmのCu製焼結フィルター（孔径 $2\mu\text{m}$ ）からなる水素ガスフィルターを244本挿入したものを用意した。なお、水素ガスフィルターはいずれの熱媒管にも接触しない位置に配管した。

【0018】さて、水素吸蔵合金粉末4の初期活性化は、 $80^\circ\text{C}$ の温水を熱媒管2中に循環させながらロータリーポンプを用いて容器1内部の真空排気を24時間行い、次に $9.9\text{kg}/\text{cm}^2$ の水素ガスを容器1内に導入しながら、熱媒管2に $10^\circ\text{C}$ の冷却水を循環させることで行った。いずれの容器1も水素ガスを加圧してから48時間後には $705\text{Nm}^3$ の水素が吸蔵された。活性化が終了した段階で、容器1から水素ガスを $588\text{Nm}^3$ 放出させてから水素吸収試験を行った。

【0019】水素吸収試験は、熱媒管2に $25^\circ\text{C}$ の冷却水を $300\text{l}/\text{min}$ の流量で循環させ、 $980\text{Nl}/\text{min}$ の一定流量で水素ガスを容器1に吸収させることで行った。また、いずれの容器1も容器1内の水素圧力が $9.9\text{kg}/\text{cm}^2$ になった段階が実験終了時とした。なお、水素吸収試験を開始する前に $25^\circ\text{C}$ の冷却水を容器1内に24時間循環させ、いずれの容器1も容器1内の合金粉末4の温度分布が一樣になるようにした。

【0020】容器1内の水素圧力の時間変化を図4に示す。同図より、実験開始から4時間頃まではいずれの容器1の水素圧力もほぼ同じ値を示すが、4時間頃から比較例の容器1の水素圧力が上昇し始め、実験開始から約6時間で水素圧力が $9.9\text{kg}/\text{cm}^2$ に達した。一方、本実施形態の容器1は、実験開始から約7.5時間水素を吸収した。それぞれの容器1の水素吸収量は、実施形態が $435\text{Nm}^3$ 、比較例が $365\text{Nm}^3$ であり、実施形態の方が約20%大きな水素吸収量が得られた。

【0021】実験開始から4時間までは反応熱が合金粉末温度の上昇に消費されるため、いずれの容器1も特性に大きな差が見られないが、それ以降は本実施形態の容器1の方が水素吸収速度が大きいと、水素圧力の上昇が比較例より小さく、この差が最終的な水素貯蔵量の差になってあらわれたものである。

【0022】ところで、この実験では、水素ガスを一定の流量で容器1に供給している。すなわち、強制的に一定の反応速度で合金粉末4に水素を吸収させている。このため、実施形態、比較例ともに合金粉末層では一定の割合で反応熱が発生していることになる。比較例の容器は実施形態と比べて合金粉末層との熱交換量が小さいため、反応熱を除去しきれず合金粉末層の温度が上昇する。そのため、水素圧力の上昇が比較例は実施形態より大きくなり、水素供給が停止する圧力である $9.9\text{kg}/\text{cm}^2$ に到達するまでの時間が実施形態に比べて短くなる。そのため、総水素貯蔵量が少ない。

【0023】単位時間当たりの水素吸収量で比較すると、実施形態が $435\text{Nm}^3/7.5\text{hr} = 58\text{Nm}^3/\text{hr}$ 、比較例が $365\text{Nm}^3/6\text{hr} \approx 60\text{Nm}^3/\text{hr}$ となって、あまり差が見られないのは、上記実験が一定流量の水素ガスを吸収させるという条件で行っているためである。実施形態では、水素ガスフィルター3がフィンの役目をしているため比較例と比べて除去される熱量

が大きくなっている。容器としての性能をトータルの水素吸収量で比べるとその差は明らかである。

【0024】従って、本実施形態の水素貯蔵容器10は、水素吸放出速度が $0 \sim 0.3 \text{ Nl} / (\text{min} \cdot \text{kg})$ である水素吸放出システム（水素の吸収や放出に要する時間が6時間以上を要するようなシステム）に必要な熱交換能力をもち、かつ構造が簡素で大型化が容易な水素貯蔵容器として有用なものとなる。

【0025】以上のように、この水素貯蔵容器10は、構造は簡素であるが伝熱面積が小さい、すなわち熱交換能力が小さい直管型熱交換器である熱媒管2に、水素ガスフィルター3を螺旋状に巻き付けて接触させることで、水素ガスフィルター3が熱媒管2のフィンとして機能して伝熱面積を大きくすると同時に、水素ガスフィルター3を透過する水素ガスにより、熱媒管2と合金粉末層間の熱伝達率を向上させたものである。このため、容器10の熱交換能力を大きくでき水素吸放出速度を大きくできる。さらに、拡張や溶接などの操作が不要なことから大型化が容易であり、大量の水素を貯蔵するシステムに適している。

【0026】なお、上記実施形態では、水素ガスフィルター3を熱媒管2に螺旋状に巻き付けて配管したが、図5に示すように、水素ガスフィルター3と熱媒管2を相互に螺旋状に巻き付けて配管することにより、熱媒管2と水素ガスフィルター3の密着度がさらに大きくなり、熱伝達性能がさらに向上する。

【0027】また、上記実施形態では、熱媒管2をステンレス鋼（SUS）で、水素ガスフィルター3を銅（Cu）で構成したが、ステンレス鋼（SUS）や銅（Cu）以外にも、アルミニウム（Al）やニッケル（Ni）や真鍮などの熱伝導率の大きい素材で構成すれば、上記と同様な効果が得られる。

【0028】

【発明の効果】以上のように本願発明によれば、水素吸蔵合金粉末を内蔵した耐圧容器の内部に、水素ガスフィルターを熱媒管に沿った接触状態に配管したので、水素

ガスフィルターが熱媒管のフィンとして機能することによる伝熱面積の拡大と、水素ガスによる熱伝達機能を十分に活用するため、水素吸放出速度を大きくできる。また、簡素な構造であるため大型化が容易となる。従って、大量の水素を貯蔵するシステムに適した水素貯蔵容器が得られる。

【0029】また、前記水素ガスフィルターを熱媒管に螺旋状に巻き付けて配管したので、熱媒管と水素ガスフィルターの密着度を増すことができ、熱伝達性能が向上する。

【0030】さらに、前記水素ガスフィルターと熱媒管を相互に螺旋状に巻き付けて配管することにより、熱媒管と水素ガスフィルターの密着度がより大きくなり、熱伝達性能がさらに向上する。

【0031】また、前記熱媒管と水素ガスフィルターをステンレス鋼、銅、アルミニウム、ニッケル、真鍮などの熱伝導率の大きい素材で構成することにより、上述した効果をより確かなものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明の実施形態による水素貯蔵容器を用いたシステム構成例を示す図。

【図2】上記図1のA-A断面図。

【図3】上記実施形態の熱媒管と水素ガスフィルターの配管状態を示す図。

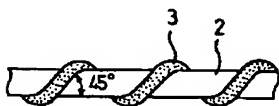
【図4】上記実施形態と比較例の運転結果をグラフ化した図。

【図5】熱媒管と水素ガスフィルターの配管状態の他の実施形態を示す図。

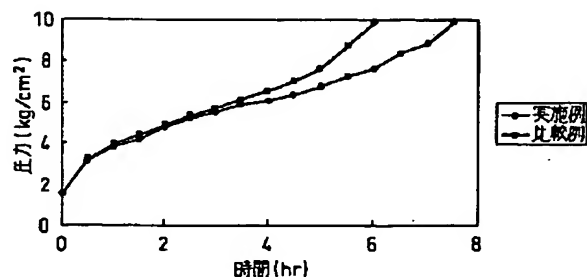
【符号の説明】

- 1 耐圧容器
- 1 a, 1 b フランジ
- 2 熱媒管
- 3 水素ガスフィルター
- 4 水素吸蔵合金粉末
- 5 熱媒循環部
- 6 水素ポンペ

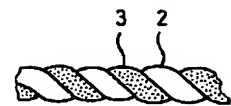
【図3】



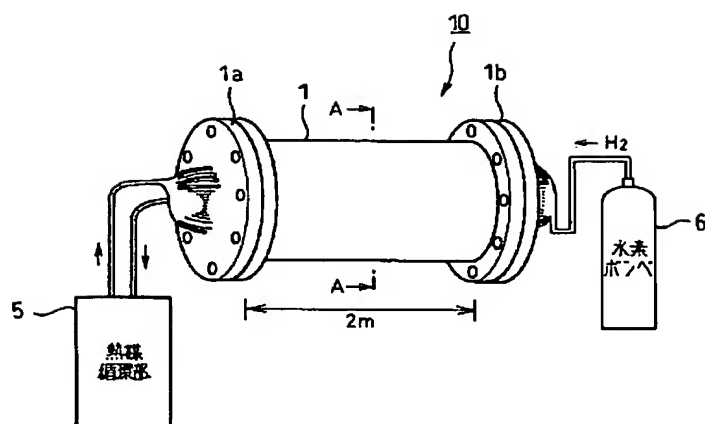
【図4】



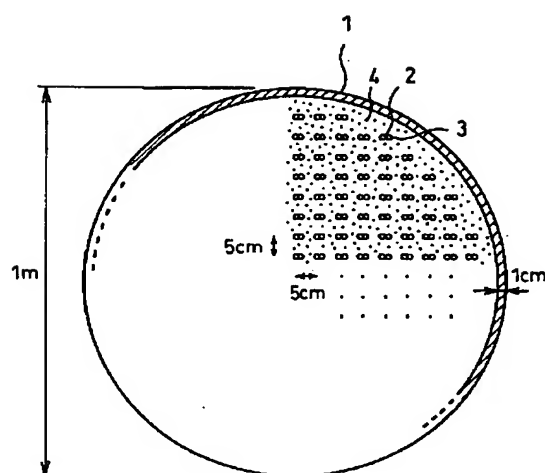
【図5】



【図1】



【図2】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年6月17日（1999. 6. 17）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 耐圧容器の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うため耐圧容器内全体に一定間隔で複数本配管される直管型の熱媒管と、各熱媒管に沿って配管され水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記各水素ガスフィルターを各熱媒管に螺旋状に巻き付けて配管したことを特徴とする水素貯蔵容器。

【請求項2】 耐圧容器の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うため耐圧容器内全体に一定間隔で複数本配置される直管型の熱媒管と、各熱媒管に沿って配管され水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記各水素ガスフィルターと各熱媒管を相互に螺旋状に巻き付けて配管したことを特徴とする水素貯蔵容器。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の詳細な説明

【補正方法】変更

## 【補正内容】

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明は、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末を内蔵した水素貯蔵容器に係わり、特に大量の水素を貯蔵するシステムに適用して好適な水素貯蔵容器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】水素吸蔵合金粉末を内蔵した水素貯蔵容器は、水素の吸放出を行うため合金粉末層を冷却（吸収時）したり、加熱（放出時）する必要がある。すなわち、水素吸蔵合金粉末に水素を吸蔵する際には、合金粉末と水素が反応する際に発生する熱を取り除き、逆に水素を放出する際には合金粉末に熱を供給する必要がある。この熱の除去と供給のために、熱媒管もしくはこれに相当するものからなる熱交換器が必要となる。

【0003】しかし、水素吸蔵合金粉末は周知のように有効熱伝導率が小さいため（約1W/(mk)）、従来より水素吸放出速度を大きくする目的で熱交換器や合金粉末層に対して様々な工夫がなされてきた（特開昭57-156301号公報、特公昭64-7319号公報等）。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般的に熱交換器にはフィンが用いられ、水素貯蔵容器の場合にもフィンは熱媒管もしくはこれに相当するものの伝熱面積を大きくすることで、合金粉末に供給、もしくは合金粉末から除去する熱量を大きくするために用いられる。従って、熱媒管もしくはこれに相当するものとフィンとは接触している必要があり、さらに熱媒管への密着度を大きくするた

めに、一般的に熱媒管の拡張や溶接といった手法が採用されている。いずれの場合も大型容器の製造工程においては大きな障害となることが十分に考えられる。

【0005】例えば、特開昭57-156301号公報に示されたものは、圧力容器の壁面をそのまま熱交換面に利用して（すなわち圧力容器の壁面が熱媒管に相当）、内部に螺旋状フィンを内蔵しているが、圧力容器内壁面に螺旋状フィンを溶接固定する方が熱伝導の改善のためには好ましいとしている。従って、熱伝導の向上を目的とした従来技術では、別途フィンを備えると共に、熱伝導を向上するために熱媒管もしくはこれに相当するものとフィンとの密着性を向上させる拡張や溶接などが必要となり、大型化の際に困難を伴う。

【0006】また、水素ガスの良熱伝導性を利用して水素ガスによる熱伝達の向上を図った容器としては、特公昭64-7319号公報に開示されたものがあるが、この構造では水素ガスを循環させるポンプが別途必要であり、やはり大型化が困難であった。

【0007】そこで、本願発明はこのような問題点を解決するためになされたものであり、水素ガスフィルターを熱媒管のフィンとして機能させることによる伝熱面積の拡大と、水素ガスによる熱伝達機能を十分に活用して、水素吸放出速度を大きくできると共に簡素な構造で大型化が容易となって、大量の水素を貯蔵するシステムに適した水素貯蔵容器を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記のような目的を達成するため、本願発明は、耐圧容器の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うため耐圧容器内全体に一定間隔で複数本配管される直管型の熱媒管と、各熱媒管に沿って配管され水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記各水素ガスフィルターを各熱媒管に螺旋状に巻き付けて配管したことを特徴とするものである。

【0009】また、耐圧容器の内部に、発吸熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うため耐圧容器内全体に一定間隔で複数本配置される直管型の熱媒管と、各熱媒管に沿って配管され水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記各水素ガスフィルターと各熱媒管を相互に螺旋状に巻き付けて配管したことを特徴とするものである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施形態を図面を参照して詳細に説明する。

【0011】図1は、本実施形態の水素貯蔵容器を用い

たシステム構成例を示す図、図2は図1のA-A断面図、図3は熱媒管と水素ガスフィルターの配管状態を示す図である。

【0012】本実施形態においては、外径1m、長さ2m、肉厚1cmのステンレス鋼（SUS）製の円筒耐圧容器1に、外径1cmのSUS製熱媒管2を244本挿入した水素貯蔵容器10を作製した。

【0013】各熱媒管2には、直径3mmの銅（Cu）製焼結フィルター（孔径 $2\mu\text{m}$ ）からなる水素ガスフィルター3を熱媒管2との角度が $45^\circ$ となるように螺旋状に巻き付けてある。水素ガスフィルター3は、容易に変形可能な金属製の焼結フィルターで形成されているので、拡張や溶接によらずとも熱媒管2との密着性を増すことができる。このように水素ガスフィルター3が螺旋状に巻き付けられた各熱媒管2は、図2の断面図に示すように、5cm間隔で配管されている。本容器1に、ミッシュメタル・ニッケル・アルミニウムMmNi<sub>4.5</sub>Al<sub>0.5</sub>の組成を持つ水素吸蔵合金粉末4を5300kg充填した。

【0014】上記円筒耐圧容器1の両端側はフランジ1a、1bで密閉されるようになっており、各フランジ1a、1bには、内蔵された各熱媒管2の両端部が取り出されてそれぞれ一本化され、冷温水を供給する熱媒循環部5の出入口に接続されるようになっている。また、一方のフランジ1bには、各熱媒管2に螺旋状に巻き付けられて内蔵された水素ガスフィルター3の開放端部が水素ガスを透過しない管として取り出されて一本化され、水素ポンプ6に接続されるようになっている。

【0015】ここで、比較例として、同じ大きさの耐圧容器に同じ本数のSUS製熱媒管を挿入した水素貯蔵容器に、同じく直径3mmのCu製焼結フィルター（孔径 $2\mu\text{m}$ ）からなる水素ガスフィルターを244本挿入したものを用意した。なお、水素ガスフィルターはいずれの熱媒管にも接触しない位置に配管した。

【0016】さて、水素吸蔵合金粉末4の初期活性化は、 $80^\circ\text{C}$ の温水を熱媒管2中に循環させながらロータリーポンプを用いて容器1内部の真空排気を24時間行い、次に $9.9\text{kg}/\text{cm}^2$ の水素ガスを容器1内に導入しながら、熱媒管2に $10^\circ\text{C}$ の冷却水を循環させることで行った。いずれの容器1も水素ガスを加圧してから48時間後には $705\text{Nm}^3$ の水素が吸蔵された。活性化が終了した段階で、容器1から水素ガスを $588\text{Nm}^3$ 放出させてから水素吸収試験を行った。

【0017】水素吸収試験は、熱媒管2に $25^\circ\text{C}$ の冷却水を $300\text{l}/\text{min}$ の流量で循環させ、 $980\text{Nl}/\text{min}$ の一定流量で水素ガスを容器1に吸収させることで行った。また、いずれの容器1も容器1内の水素圧力が $9.9\text{kg}/\text{cm}^2$ になった段階が実験終了時とした。なお、水素吸収試験を開始する前に $25^\circ\text{C}$ の冷却水を容器1内に24時間循環させ、いずれの容器1も容器

1内の合金粉末4の温度分布が一様になるようにした。

【0018】容器1内の水素圧力の時間変化を図4に示す。同図より、実験開始から4時間頃まではいずれの容器1の水素圧力もほぼ同じ値を示すが、4時間頃から比較例の容器1の水素圧力が上昇し始め、実験開始から約6時間で水素圧力が $9.9\text{ kg/cm}^2$ に達した。一方、本実施形態の容器1は、実験開始から約7.5時間水素を吸収した。それぞれの容器1の水素吸収量は、実施形態が $435\text{ Nm}^3$ 、比較例が $365\text{ Nm}^3$ であり、実施形態の方が約20%大きな水素吸収量が得られた。

【0019】実験開始から4時間までは反応熱が合金粉末温度の上昇に消費されるため、いずれの容器1も特性に大きな差が見られないが、それ以降は本実施形態の容器1の方が水素吸収速度が大きいため、水素圧力の上昇が比較例より小さく、この差が最終的な水素貯蔵量の差になってあらわれたものである。

【0020】ところで、この実験では、水素ガスを一定の流量で容器1に供給している。すなわち、強制的に一定の反応速度で合金粉末4に水素を吸収させている。このため、実施形態、比較例ともに合金粉末層では一定の割合で反応熱が発生していることになる。比較例の容器は実施形態と比べて合金粉末層との熱交換量が小さいため、反応熱を除去しきれず合金粉末層の温度が上昇する。そのため、水素圧力の上昇が比較例は実施形態より大きくなり、水素供給が停止する圧力である $9.9\text{ kg/cm}^2$ に到達するまでの時間が実施形態に比べて短くなる。そのため、総水素貯蔵量が少ない。

【0021】単位時間当たりの水素吸収量で比較すると、実施形態が $435\text{ Nm}^3/7.5\text{ hr}=58\text{ Nm}^3/\text{hr}$ 、比較例が $365\text{ Nm}^3/6\text{ hr}\approx 60\text{ Nm}^3/\text{hr}$ となって、あまり差が見られないのは、上記実験が一定流量の水素ガスを吸収させるという条件で行っているためである。実施形態では、水素ガスフィルター3がフィンの役目をしているため比較例と比べて除去される熱量が大きくなっている。容器としての性能をトータルの水素吸収量で比べるとその差は明らかである。

【0022】従って、本実施形態の水素貯蔵容器10は、水素吸放出速度が $0\sim 0.3\text{ Nl}/(\text{min}\cdot\text{kg})$ である水素吸放出システム（水素の吸収や放出に要する時間が6時間以上を要するようなシステム）に必要な熱交換能力をもち、かつ構造が簡素で大型化が容易な水素貯蔵容器として有用なものとなる。

【0023】以上のように、この水素貯蔵容器10は、構造は簡素であるが伝熱面積が小さい、すなわち熱交換

能力が小さい直管型熱交換器である熱媒管2に、水素ガスフィルター3を螺旋状に巻き付けて接触させることで、水素ガスフィルター3が熱媒管2のフィンとして機能して伝熱面積を大きくすると同時に、水素ガスフィルター3を透過する水素ガスにより、熱媒管2と合金粉末層間の熱伝達率を向上させたものである。このため、容器10の熱交換能力を大きくでき水素吸放出速度を大きくできる。さらに、拡張や溶接などの操作が不要なことから大型化が容易であり、大量の水素を貯蔵するシステムに適している。

【0024】なお、上記実施形態では、水素ガスフィルター3を熱媒管2に螺旋状に巻き付けて配管したが、図5に示すように、水素ガスフィルター3と熱媒管2を相互に螺旋状に巻き付けて配管することにより、熱媒管2と水素ガスフィルター3の密着度がさらに大きくなり、熱伝達性能がさらに向上する。

【0025】また、上記実施形態では、熱媒管2をステンレス鋼（SUS）で、水素ガスフィルター3を銅（Cu）で構成したが、ステンレス鋼（SUS）や銅（Cu）以外にも、アルミニウム（Al）やニッケル（Ni）や真鍮などの熱伝導率の大きい素材で構成すれば、上記と同様な効果が得られる。

【0026】

【発明の効果】以上のように本願発明によれば、耐圧容器の内部に、発熱を伴って水素を吸放出する水素吸蔵合金粉末と、この水素吸蔵合金粉末に対して熱の除去や供給を行うため耐圧容器内全体に一定間隔で複数本配管される直管型の熱媒管と、各熱媒管に沿って配管され水素吸蔵合金粉末中に水素ガスの流通路を形成すると共に水素ガスを透過する管状の水素ガスフィルターとを備え、前記各水素ガスフィルターを各熱媒管に螺旋状に巻き付けて配管したので、熱媒管と水素ガスフィルターの密着度を増すことができ、熱伝達性能が向上し、水素ガスフィルターが熱媒管のフィンとして機能することによる伝熱面積の拡大と、水素ガスによる熱伝達機能を十分に活用するため、水素吸放出速度を大きくできる。また、簡素な構造であるため大型化が容易となる。従って、大量の水素を貯蔵するシステムに適した水素貯蔵容器が得られる。

【0027】また、前記各水素ガスフィルターと各熱媒管を相互に螺旋状に巻き付けて配管することにより、熱媒管と水素ガスフィルターの密着度がより大きくなり、熱伝達性能がさらに向上する。

## フロントページの続き

(72)発明者 西村 康一  
東京都港区西新橋 2-8-11 第 7 東洋海  
事ビル 8 階 財団法人地球環境産業技術研  
究機構 CO2 固定化等プロジェクト室内  
(72)発明者 稲住 近  
東京都港区西新橋 2-8-11 第 7 東洋海  
事ビル 8 階 財団法人地球環境産業技術研  
究機構 CO2 固定化等プロジェクト室内

(72)発明者 小黒 啓介  
大阪府池田市緑丘 1 丁目 8 番 31 号 工業技  
術院大阪工業技術研究所内  
(72)発明者 上原 斎  
大阪府池田市緑丘 1 丁目 8 番 31 号 工業技  
術院大阪工業技術研究所内  
F ターム(参考) 3E072 AA10 EA10